

*Библиографический список*

1. Кузнецов А.М. Исследование устойчивости движения ленточнопильного полотна // Новое в области режущего инструмента и резания древесины. ЛДН-ТП, 1968. С. 78–82.

2. Беляев Н.М. К вопросу о местных напряжениях в связи с сопротивлением рельса смятию // Сборник ленинградского института инженеров путей сообщения. Л., 1929. С. 283-296.

**Т.В. Полякова, В.Г. Новоселов**  
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ  
*nauka-les@yandex.ru*

**ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ СИСТЕМЫ «СТАНОК -  
ПРИСПОСОБЛЕНИЕ - ИНСТРУМЕНТ - ДЕТАЛЬ» (СПИД)  
НА ТОЧНОСТЬ ПРОДОЛЬНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО  
ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ**  
(INFLUENCE OF RIGIDITY OF SYSTEM  
MILL - DEVICE - TOOL - DETAIL (AIDS) ON ACCURACY  
OF LONGITUDINAL CYLINDRICAL MILLING OF WOOD)

*Приводятся результаты исследований влияния жесткости системы «станок - приспособление - инструмент - деталь» (СПИД) на конечный размер детали на четырехстороннем продольно-фрезерном станке «Beaver 523» .*

*Results of researches of influence of rigidity of mill - device - tool - detail (AIDS) system for the final size of a detail on the quadrilateral Beaver 523 longitudinally milling machine are given.*

Точность является одним из основных показателей качества изготавливаемой продукции, и с точки зрения надежности технологической системы по ГОСТ 27.202-83 [1] принимается в качестве основного критерия работоспособности.

Непостоянство сил резания в процессе обработки детали, обусловленное изменением сечения срезаемой стружки, изменением механических свойств материала, износом и затуплением режущего инструмента, колебаниями снимаемого припуска материала, различной жесткости детали ввиду неоднородности физико-механических свойств древесины, вызывает и неравномерность упругих деформаций системы «станок- приспособление - инструмент - деталь», что влияет на точность обработки заготовки.

Для оценки влияния жесткости системы СПИД на точность обработки заготовок проведены исследования деформаций валов верхней и левой боковой ножевых головок четырехстороннего продольно-фрезерного станка «Beaver 523» в лаборатории кафедры станков и инструментов УГЛТУ. Нагружение валов производилось с помощью настроечных механизмов станка, сила определялась динамометром сжатия ДОСМ-3-1, для измерения деформации использовалась стойка с индикатором часового типа (рис. 1).

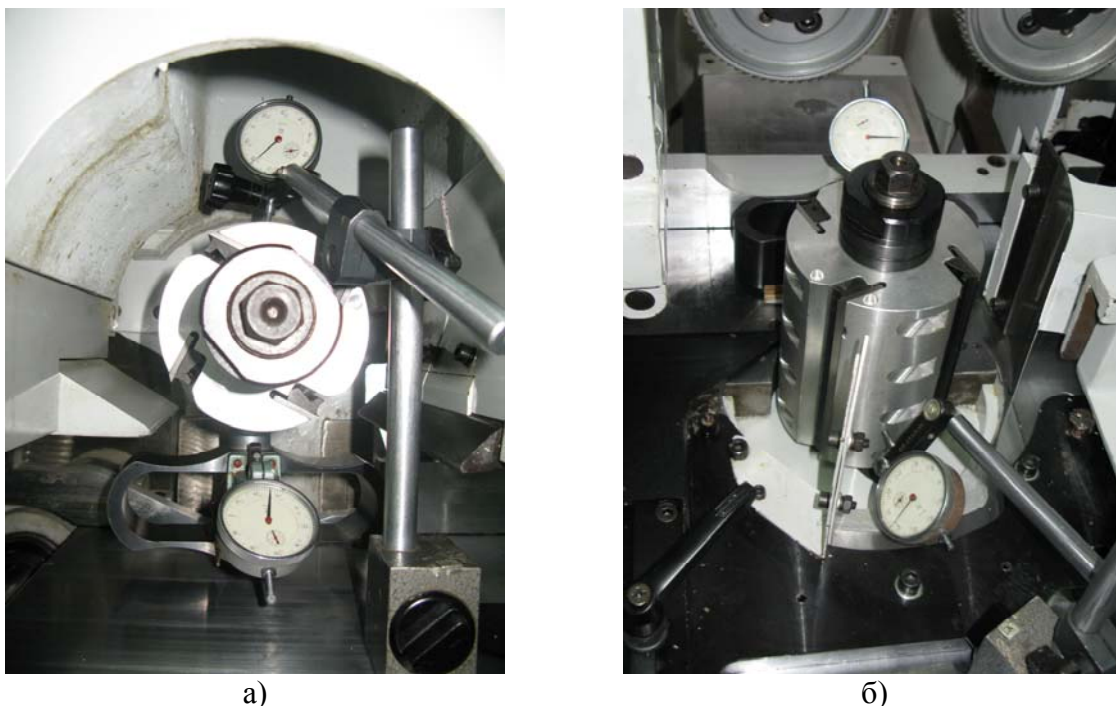


Рис. 1. Установка приборов для измерения сил и деформаций на верхней (а) и левой боковой (б) ножевых головках четырехстороннего продольно-фрезерного станка «Beaver 523»

Сила прикладывалась к валу в средней части ножевой головки, и в этом же сечении определялась величина деформации (рис. 2).

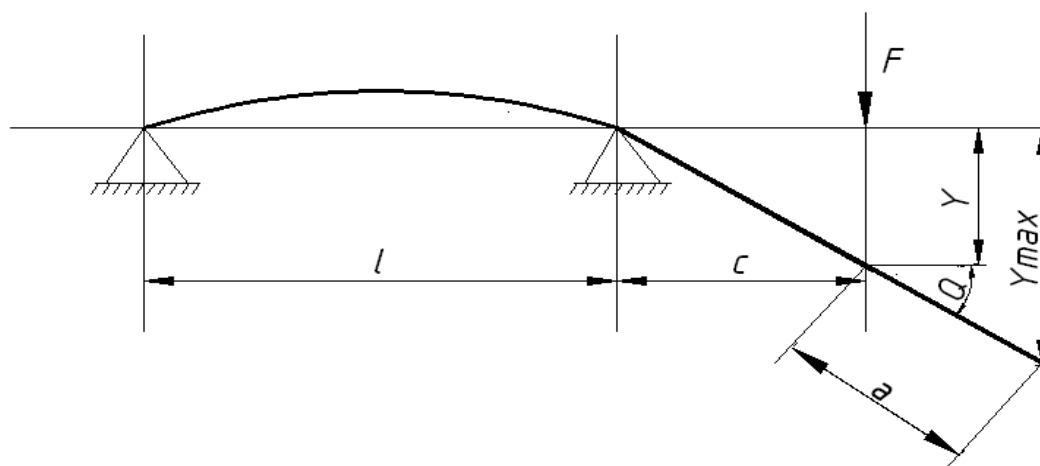


Рис. 2. Схема нагружения и измерения деформации валов ножевых головок четырехстороннего продольно-фрезерного станка «Beaver 523»

Измерения проводились при нагружении и разгрузке троекратно, по усредненным значениям построены соответствующие графики зависимости силы и деформации, представленные на рис. 3.

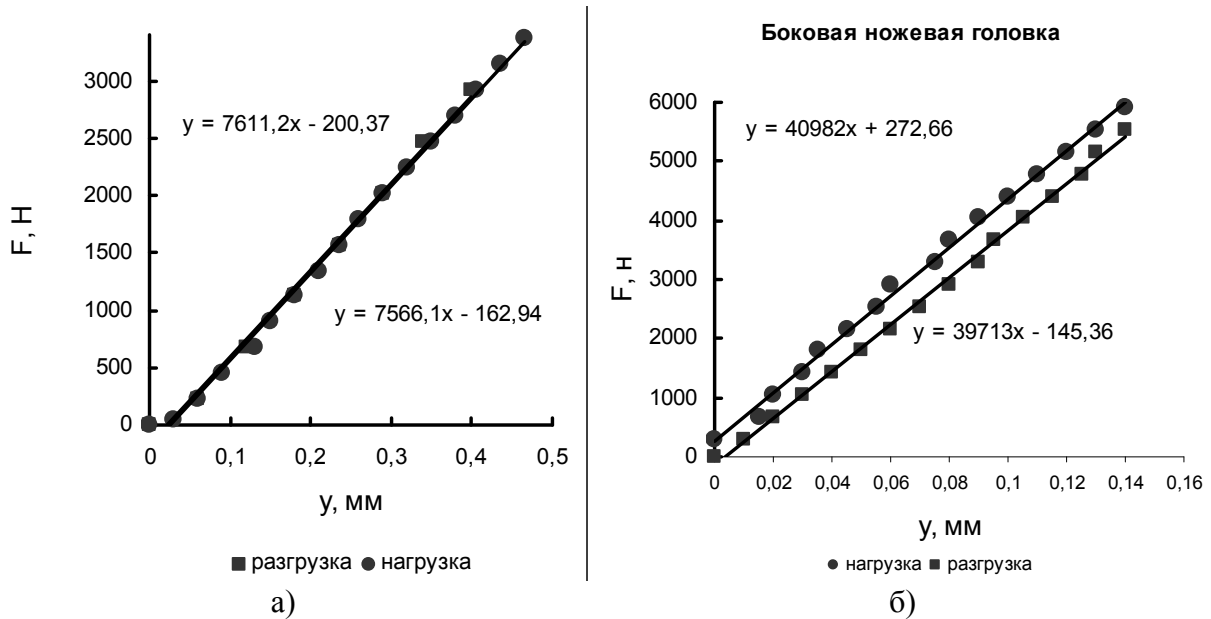


Рис. 3. Графики зависимости силы и деформации валов верхней (а) и левой боковой (б) ножевых головок четырехстороннего продольно-фрезерного станка «Beaver 523»

Как видно, нагрузочные и разгрузочные зависимости силы и деформации валов несколько различаются ввиду трения в соединениях деталей и гистерезиса в их материалах. Однако с достаточной для решения поставленной задачи точностью можно принять средние коэффициенты пропорциональности силы и деформации валов ножевых головок: верхней 7589 Н/мм и левой боковой 40303 Н/мм.

Из уравнения изогнутой оси двухопорной балки с нагруженной консолью [2]:

$$y = \frac{F}{EJ} \frac{c^2(l+c)}{3}, \quad (1)$$

можно выразить приведенную к валу постоянного диаметра жесткость сечения  $EJ$ :

$$EJ = \frac{F}{y} \frac{c^2(l+c)}{3}, \quad (2)$$

где дробь  $F/y$  и есть определенный из опыта коэффициент пропорциональности.

В табл. 1 указаны значения размеров балок и приведенной жесткости сечений валов верхней (а) и левой боковой (б) ножевых головок.

Таблица 1

Расчет приведенной жесткости валов

Головка	$L$ , мм	$C$ , мм	$EJ$ , Нмм <sup>2</sup>
Верхняя	230	180	$3,360 \cdot 10^{10}$
Боковая	230	100	$4,433 \cdot 10^{10}$

Для определения деформации валов в процессе фрезерования выполним расчет сил резания на основе решения обратной задачи [3]. Окружная касательная сила резания средняя за оборот фрезы:

$$F_{x0} = \frac{1000P\eta}{V}, \quad (3)$$

где  $P$  – мощность электродвигателя механизма резания, кВт;  $\eta$  – к.п.д. механизма резания;  $V$  – скорость резания, м/с.

Средняя сила резания на дуге контакта лезвий с древесиной, исходя из баланса работы сил:

$$F_{xzy\delta} = \frac{F_{x0}\pi D}{l_k z}, \quad (4)$$

где  $D$  – диаметр фрезы, мм;  $l_k$  – длина дуги контакта лезвия с древесиной, мм;  $z$  – количество лезвий фрезы.

Длина дуги контакта лезвия с древесиной:

$$l_k = \sqrt{tD}, \quad (5)$$

где  $t$  – глубина фрезерования, мм.

Для станка «Beaver 523» с частотой вращения шпинделей  $6000 \text{ мин}^{-1}$ , диаметром фрез 125 мм, мощностью двигателя верхней головки 11 кВт, двигателя левой головки 5,5 кВт, считая к.п.д. пары подшипников качения 0,99, с количеством лезвий на фрезе 4, глубиной фрезерования 2 мм получим для ножевых головок: верхней  $F_{xzy\delta} = 1722 \text{ Н}$  и левой боковой  $F_{xzy\delta} = 1174 \text{ Н}$ . Приблизительно, полагая, что мгновенная сила резания нарастает по закону треугольника, можно принять ее максимальное значение равным удвоенному среднему, тогда получим для ножевых головок: верхней  $F_{xmax} = 3444 \text{ Н}$  и левой боковой  $F_{xzy\delta} = 2348 \text{ Н}$ .

Радиальная сила (сила отжима), влияющая на деформацию валов в направлении, нормальном к поверхности обработки, в зависимости от касательной силы определяется по формуле

$$F_z = (1 - \cos \varphi) F_x / \sin \varphi, \quad (6)$$

где  $\varphi$  – среднее значение угла, соответствующее середине угла контакта  $\varphi_k$ .

$$\varphi_k = \sqrt{\frac{t}{D}}. \quad (7)$$

Исходя из сделанных предположений, максимальная сила отжима составит для ножевых головок: верхней  $F_{xmax} = 109 \text{ Н}$  и левой боковой  $F_{xmax} = 74 \text{ Н}$ . Ввиду дорезонансного режима работы валов можно считать их прогибы пропорциональными нагрузке, тогда деформация в средней части лезвия ножа фрезы не превысит 0,014 мм для верхней головки и 0,002 мм для боковой. Считая кривизну изогнутой оси вала малой, а также ввиду жесткости корпусов ножевых головок, примем, что деформация вала пропорциональна длине участка консоли. Тогда максимальный прогиб на конце верхней ножевой головки вала приблизительно составит 0,023 мм, а у левой боковой 0,003 мм. Эта величина прогибов валов на порядок меньше, чем отклонение размера детали 0,2 мм, обработанной на четырехстороннем продольно-фрезерном станке, допускаемое по нормам точности [4].

Выводы.

1. Жесткость системы СПИД оказывает влияние на деформации валов ножевых головок фрезерного станка под действием сил отжима.
2. Величина деформаций валов ножевых головок реального фрезерного станка «Beaver 523» на порядок меньше, чем отклонение размера детали, допускаемое по нормам точности для четырехсторонних продольно-фрезерных станков.

*Библиографический список*

1. ГОСТ 27.202-83. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. Введ. 1984-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1984. 50 с.
2. Любошиц М.И., Ицкович Г.М. Справочник по сопротивлению материалов. Изд. 2-е исправл. и дополн. Минск: Высшейш. школа, 1969. 464 с.
3. Глебов И.Т. Обработка древесины методом фрезерования: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. 192 с.
4. ГОСТ 7315-83. Деревообрабатывающее оборудование. Станки строгальные четырехсторонние. Нормы точности. Введ. 1983-04-28. М.: Изд-во стандартов, 1983. 9 с.

**И.Т. Рогожникова, В.Г. Новоселов**  
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ  
nauka-les@yandex.ru

**ОБ УЧАСТИИ ЛЕЗВИЙ МНОГОЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА  
В ФОРМИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ  
ДРЕВЕСИНЫ**  
(ABOUT PARTICIPATION OF EDGES OF MNOGOLEZVIYNOGO OF THE  
TOOL IN SURFACE FORMATION WHEN MILLING WOOD)

*Определены условия участия лезвий многолезвийного инструмента в формировании и в резании обработанной поверхности с учетом разницы радиусов резания резцов многозубой фрезы.*

*Conditions of participation of edges of the mnogolezviyny tool in formation and in cutting of the processed surface taking into account a difference of radiuses of cutting of cutters of a mnogozuby mill are defined.*

Качество обработки древесины определяется шероховатостью получаемой поверхности, которая при продольном цилиндрическом фрезеровании формируется совокупностью кинематической волнистости и неровностей разрушения древесины.

В работе Б.М. Буглая [1] рассмотрены вопросы образования кинематической волнистости и влияния радиуса резания резцов на формирование поверхности древесины. При неодинаковых радиусах резания резцы оставляют неодинаковые по длине волны. При определенной разнице радиуса резания отдельные резцы могут не принимать участия в окончательном формировании поверхности. В крайнем случае, поверхность может формироваться только одним, наиболее выступающим резцом. В этом случае минимальная разница радиусов резания, при которой лезвие перестает касаться волны, оставленной наиболее выступающим лезвием, определяется по известной формуле [1]

$$\Delta R = R_1 - \sqrt{R_1^2 + S_n^2 \frac{\omega}{360} \left( \frac{\omega}{360} - 1 \right)}, \quad (1)$$

где  $R_1$  – радиус резания наиболее выступающим лезвием фрезы, мм;

$S_n$  – подача на оборот фрезы, мм;